

PORTABLE ELECTRONIC SWITCHING CIRCUITS

Norseha binti Ariffin¹, Norhasnina binti Mokhtar²Jabatan Kejuruteraan Elektrik,
Politeknik Sultan Azlan Shah

nor_seha@psas.edu.my, norhasnina@psas.edu.my

Abstrak

Portable Electronic Switching Circuits mempunyai tiga bahagian utama dan satu bahagian sumber kuasa. Tiga bahagian utamanya terdiri daripada litar *Bipolar Junction Transistor (BJT)*, litar *Metal Oxide Field Effect Transistor (MOSFET)* dan litar *Silicon Controlled Rectifier (SCR)*. Bagi bahagian sumber kuasa ianya dibekalkan dengan tiga jenis terminal kuasa iaitu terminal kuasa DC yang boleh disambungkan kepada *Regulated DC Power Supply*, *Adapter 12V, 1A* dan juga *Power Bank*. Penghasilan kit ini bertujuan untuk menyediakan alternatif alat bantu mengajar bagi kursus DEE2023 *Semiconductor Devices* yang mudah serta sesuai dikendalikan oleh pelajar dan pensyarah, menyediakan medium pengajaran yang lebih praktikal bagi menghasilkan keluaran yang lebih tepat berbanding penggunaan *loose component*, penjimatan kos pembelian komponen dalam jangka masa panjang dan menyediakan alat bantu mengajar yang mudah alih kerana penggunaan *powerbank* atau *adapter* sebagai sumber kuasa bekalan. Dapatan daripada penghasilan kit ini menunjukkan kegunaannya adalah bersesuaian dengan kehendak silibus, mudah alih, tiada lagi kesilapan dalam penyambungan *loose component* dan menjimatkan kos pembelian setiap semester. Oleh yang demikian kit ini dapat meningkatkan kefahaman pelajar sekaligus ianya mudah alih dan boleh digunakan bukan sahaja ketika sesi praktikal malahan ketika didalam kelas untuk sesi teori.

Kata Kunci: Alat bantu mengajar, DEE2023 *Semiconductor Devices*, politeknik

1.0 Pengenalan

Penggunaan kit elektronik adalah merupakan suatu alat bantu mengajar yang popular. Ini adalah kerana keupayaan kit elektronik untuk memberikan output yang lebih tepat dan cepat berbanding pemasangan litar secara konservatif (menggunakan *proto board* dan *loose component*). Tambahan pula penggunaan litar secara konservatif hanya terhad di dalam makmal sahaja. Oleh itu, penggunaan kit elektronik ini adalah lebih relevan bagi meningkatkan lagi kefahaman pelajar. Walau bagaimanapun kit elektronik yang dijual di pasaran adalah lebih tinggi harganya dan dengan hanya satu kit yang berada di pasaran tidak dapat memenuhi keperluan silibus DEE2023 *Semiconductor Devices*, Politeknik Malaysia. Antara beberapa masalah yang dikenalpasti sehingga tercetusnya idea mewujudkan kit ini adalah:-

- Kekurangan alat bantu mengajar bagi kursus DEE2023 *Semiconductor Devices*
- Keluaran atau hasil dapatan yang tidak tepat dalam penggunaan *loose component*
- Pembelian *loose component* yang terpaksa dibuat setiap semester
- Alat bantu mengajar yang sedia ada cuma terhad di dalam lab sahaja

Senario tersebut memberi idea untuk mewujudkan *Portable Electronic Switching Circuits* yang mana kit elektronik ini menggabungkan tiga komponen asas *semiconductor* dimana menurut Borekci & Acar (2012) boleh digunakan sebagai suis di dalam pelbagai aplikasi elektronik kuasa.

Portable Electronic Switching Circuits mempunyai tiga bahagian utama iaitu bahagian yang terdiri daripada tiga jenis peranti *semiconductor* yang digunakan sebagai suis dan satu bahagian sumber kuasa. Untuk rekabentuk tiga bahagian utama, *Portable Electronic Switching Circuits* menggunakan tiga jenis peranti *semiconductor* sebagai litar suis. Untuk litar yang pertama, *Bipolar Junction Transistor (BJT)* jenis 2N3904 digunakan. *Metal Oxide Field Effect Transistor (MOSFET)* jenis 2N7000 digunakan sebagai litar suis yang kedua. Untuk litar ketiga pula, *Silicon Controlled Rectifier (SCR)* jenis C106D digunakan. Pada bahagian sumber kuasa, *Portable Electronic Switching Circuits* dibekalkan dengan tiga jenis terminal kuasa iaitu menggunakan terminal kuasa DC yang boleh disambungkan kepada *Regulated DC Power Supply* sebagai sumber kuasa, *Adapter 12V, 1A* dan juga *Power Bank*.

Ketiga-tiga peranti *semiconductor* yang digunakan pada bahagian utama *Portable Electronic Switching Circuits* menjurus kepada tiga topik dalam kursus DEE2023 *Semiconductor Devices* dan sekaligus merangkumi tiga jenis amali. G. R. Padmini, (2010) menjelaskan kebanyakan peranti kuasa seperti IGBTs, BJTs dan MOSFET yang ada mempunyai spesifikasi yang berbeza. Maka dengan itu, ketiga-tiga litar ini dibangunkan kepada pelajar untuk mengambil ukuran arus dan voltan pada setiap terminal, menganalisis litar *ON* atau *OFF*, mengkaji ciri-ciri komponen semasa berada dalam keadaan *cutoff*, *saturation* dan *linear*. Semua parameter yang diambil perlu difahami bagi mencapai hasil pembelajaran yang telah ditetapkan di dalam silibus. Ketiga-tiga litar suis tersebut juga menggunakan *Light Emitting Diode (LED)* sebagai penunjuk litar keadaan *ON* atau *OFF*.

Berdasarkan penerangan diatas antara objektif yang hendak dicapai adalah:-

- Menyediakan alternatif alat bantu mengajar bagi kursus DEE2023 *Semiconductor Devices* yang mudah serta sesuai dikendalikan oleh pelajar dan pensyarah.
- Menyediakan medium pengajaran yang lebih praktikal bagi menghasilkan keluaran yang lebih tepat berbanding penggunaan *loose component*.
- Penjimatan kos pembelian komponen dalam jangka masa panjang berdasarkan penggunaan kit yang boleh digunakan berulang kali untuk mencapai hasil pembelajaran yang ditetapkan
- Menyediakan alat bantu mengajar yang mudah alih kerana penggunaan *powerbank* atau *adapter* sebagai sumber kuasa.

2.0 Kajian Literatur

Kursus DEE2023 *Semiconductor Devices* adalah kursus wajib yang diambil oleh semua pelajar semester dua Jabatan Kejuruteraan Elektrik di bawah Jabatan Pengajian Politeknik (Jabatan Pengajian Politeknik, 2014). Kursus ini melibatkan 30 jam teori dan 30 jam praktikal bagi sepanjang 15 minggu dalam satu semester. Tiga daripada enam topik untuk silibus ini diambil bagi penghasilan kit alat bantu mengajar, *Portable Electronic Switching Circuits* iaitu Topik 3-*Bipolar Junction Transistor*, Topik 5-*Field Effect Transistor* dan Topik 6-*Introduction to Other Electronic Devices*.

Dalam proses pengajaran dan pembelajaran kit alat bantu mengajar memberi sumbangan yang amat besar dalam mempertingkatkan mutu pengajaran dan pembelajaran di kalangan pensyarah dan pelajar. Menurut (Dawi, 2002), dalam sebuah bilik darjah, setiap individu mempunyai psikologi dan kebolehan intelek yang berbeza antara satu sama lain. Jesteru itu, menurut (Hamdan & Mohd Yasin, 2010), guru-guru teknikal haruslah bijak dan kreatif dalam merancang pengajaran yang sesuai dan memperbanyakkan penggunaan alat bantu mengajar dalam pengajaran mereka bagi merangsang perkembangan potensi individu ke tahap yang maksimum. Sehubungan dengan itu kit ini sedikit sebanyak membantu pelajar dalam menghubungkan teori dengan demonstrasi yang boleh dibuat dengan menggunakan kit tersebut.

Kajian literatur dijalankan terhadap kit alat bantu mengajar yang lain dimana ianya mestilah mempunyai kaitan dalam penghasilan *Portable Electronic Switching Circuits*. Terdapat 3 kit alat bantu mengajar yang menjadi rujukan iaitu *BEL-TAT Transistor Application Trainer*, *Nvis 6512A Understanding Characteristics of MOSFET, FET & UJT* dan *KMS-105 Characteristics of SCR & TRIAC*. Hasil daripada kajian terhadap ketiga-tiga kit yang dinyatakan diatas, terdapat 3 elemen

penting dalam penghasilan *Portable Electronic Switching Circuits* jika dibandingkan dengan ketiga-tiga kit tersebut iaitu:-

- Kesesuaian silibus DEE2023 *Semiconductor Devices*
Penghasilan *Portable Electronic Switching Circuits* telah memenuhi kehendak silibus untuk tiga daripada enam topik yang mana subtopiknya terdiri daripada konsep pensuisan dan aplikasi komponen.
- Kos pembelian kit
Gabungan ketiga-tiga litar BJT, MOSFET dan SCR di dalam *Portable Electronic Switching Circuits* telah mengurangkan kos pembelian kit jika membeli ketiga-tiga kit tersebut. Ketiga-tiga kit tersebut sememangnya mempunyai banyak aplikasi dan ciri-ciri penggunaannya tetapi ianya tidak bersesuaian dengan silibus politeknik.
- Sumber kuasa
Terdapat tiga terminal kuasa DC utk *Portable Electronic Switching Circuits* iaitu *Regulated DC Power Supply*, *Adapter 12V, 1A* dan juga *Power Bank* berbanding ketiga-tiga kit tersebut yang hanya mempunyai satu terminal kuasa DC sahaja. Dengan adanya tiga terminal kuasa DC ini ianya telah memudahkan proses pengajaran dan pembelajaran kerana tidak perlu hanya tertumpu di dalam makmal malah ianya boleh digunakan untuk tujuan demonstrasi di dalam kelas juga.

Bipolar Junction Transistor (BJT) adalah sejenis *transistor* yang sangat sesuai digunakan pada aplikasi suis voltan rendah (G. R. Padmini, 2010). Peranti elektronik pengawal arus ini terdiri daripada tiga lapisan semikonduktor iaitu dua buah lapisan jenis-p dan sebuah lapisan jenis-n atau sebaliknya. Jenis pertama dikenali sebagai transistor pnp dan yang kedua dikenali sebagai transistor jenis npn. Terdapat tiga terminal pada peranti ini iaitu terminal *Emitter*, *Base* dan *Collector* (Boylestad, 2002).

Metal Oxide Field Effect Transistor (MOSFET) tergolong di dalam keluaran *Field Effect Transistor (FET)* yang juga sejenis transistor. Peranti ini adalah peranti pengawal voltan yang mempunyai kelajuan pensuisan yang tinggi dan boleh mencapai kelajuan sehingga nanosaat. *MOSFET* yang mempunyai tiga terminal iaitu *Drain*, *Source* dan *Gate* hanya memerlukan nilai arus yang kecil pada bahagian masukan (Rashid, 2004).

Silicon Controlled Rectifier (SCR) atau biasanya dipanggil *Tyristor* adalah peranti yang mempunyai tiga terminal iaitu Anod, Katod dan Get. Secara amnya, *SCR* bertindak sama seperti diod penerus yang mempunyai elemen kawalan di mana, untuk membolehkan arus mengalir melalui *SCR*, anod mestilah diberikan voltan pincang depan dan get diberikan voltan positif seketika (Kissell, 2006). Di dalam aplikasi kawalan kuasa, *SCR* digunakan sebagai peranti pensuisan untuk mengawal arus yang besar. Peranti *SCR* jenis C106D contohnya dapat menyambungkan arus sehingga 4A, (Bishop, 2011).

3.0 Metodologi

Metodologi kajian ini terbahagi kepada dua bahagian iaitu pembangunan dan juga operasi *Portable Electronic Switching Circuits*.

3.1 Pembangunan *Portable Electronic Switching Circuits*

Turutan berikut merupakan aturan kerja dalam pembangunan *Portable Electronic Switching Circuits*.

- Rekabentuk litar-litar menggunakan perisian LiveWire dan simulasi dilakukan untuk menentukan nilai komponen yang bersesuaian untuk digunakan bagi setiap litar.
- Pengujian litar-litar dilakukan diatas *protoboard* selepas mendapat nilai-nilai komponen yang bersesuaian.goo

- Rekabentuk litar-litar dilakukan semula dengan menggunakan perisian Altium. Perisian ini juga digunakan untuk tujuan penghasilan papan litar bercetak(PCB).
- Cetakan litar-litar dan proses menebuk lubang pada *industrial board* dilaksanakan.
- Memasukkan komponen dan proses pematrian komponen dilakukan pada *industrial board*.
- Pengujian pada *Portable Electronic Switching Circuits* dilakukan untuk menguji kebolehan kit elektronik tersebut.

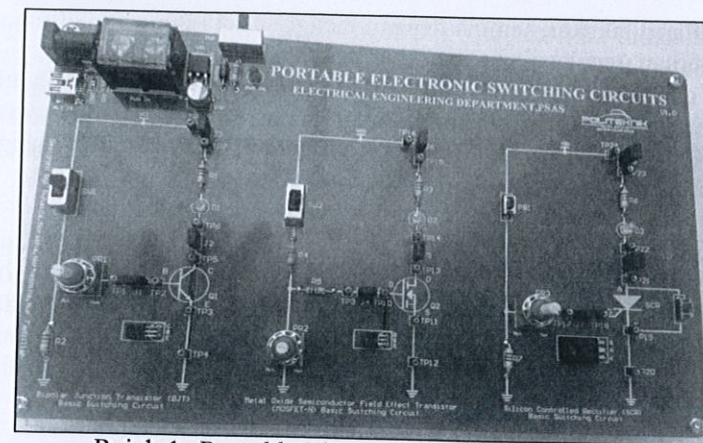
3.2 Operasi *Portable Electronic Switching Circuits*.

Rekabentuk tiga bahagian utama, *Portable Electronic Switching Circuits* menggunakan tiga jenis peranti *semiconductor* sebagai litar suis. Tiga litar suis itu adalah Litar Suis *Bipolar Junction Transistor (BJT)*, Litar Suis *Metal Oxide Field Effect Transistor (MOSFET)* dan Litar Suis *Silicon Controlled Rectifier (SCR)*.

Litar suis BJT boleh beroperasi dalam keadaan *Fully ON (saturation)* atau keadaan *Fully OFF (cutoff)*. Secara teorinya BJT boleh beroperasi dalam keadaan *Fully ON* apabila sambungan terminal *Base-Emitter* dan *Base-Collector* mendapat pincang hadapan (Floyd 2008). Apabila BJT di dalam keadaan *ON*, nilai rintangannya rendah dan menyebabkan nilai Voltan *Collector-Emitter*, V_{CE} kecil malahan menghampiri 0. Nilai Voltan *Base-Emitter*, V_{BE} adalah melebihi 0.7v dan ianya diperlukan untuk BJT jenis Silikon. Nilai arus *Collector*, I_C yang maksimum menyebabkan keadaan *saturation (Fully ON)* berlaku. Bagi keadaan *Fully OFF (cutoff)* pula tiada pengaliran arus bagi terminal *Base* dan *Collector* manakala V_{CE} memperoleh bacaan maksima atau sama nilainya dengan Voltan *Collector-Collector*, V_{CC} .

Di dalam Litar Suis *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)*, MOSFET digunakan untuk menghidupkan (*Fully ON_saturation*) dan mematikan (*Fully OFF-cutoff*) LED. Voltan Gate Source, V_{GS} akan memberi bacaan positif jika dalam keadaan *Fully ON* manakala memberi bacaan 0 atau bacaan negatif jika dalam keadaan *Fully OFF*. Secara teorinya apabila *Fully ON*, V_{GS} lebih besar nilainya berbanding Voltan *Threshold*, V_{TH} (Floyd 2008). Untuk keadaan *Fully OFF* pula V_{GS} lebih kecil nilainya berbanding V_{TH} , $I_D=0$ dan $V_{DS}=V_{OUT}=V_{DD}$ (Malvino & J.Bates, 2007).

Bagi litar ketiga iaitu SCR, ianya boleh berfungsi sebagai suis dan membenarkan arus mengalir sehala sahaja dan dikenali sebagai komponen kawalan arus. Ianya berada di dalam keadaan pincang hadapan dan apabila SW1 (*push button 1*) ditekan bekalan kuasa akan melalui perintang Gate, R_G sekaligus membolehkan arus mengalir pada terminal Gate, G. Jika nilai R_G rendah maka SCR akan terpicu. Nilai Arus Gate, I_G yang kecil mampu mengawal nilai Arus Anod, I_A ($I_G < I_A$). SCR tidak dapat dihentikan operasinya apabila berada dalam keadaan *conducting state* walaupun Voltan Get, V_G dialihkan. Bagi mematikan operasi litar, beberapa cara boleh dilakukan dan salah satu antaranya adalah melitarpintaskan terminal Anod, A dan Katod, K (Floyd 2008). Pada keadaan ini nilai I_A akan menurun sehingga nilainya 0 dan SCR dimatikan. Oleh itu SW2 (*push button 2*) direka dalam Litar Suis SCR dan ianya perlu ditekan bagi melitarpintaskan terminal A dan K sekaligus mematikan operasi SCR.



Rajah 1: Portable Electronic Switching Circuits

4.0 Keputusan dan Perbincangan

4.1 Keputusan

4.1.1 Litar Suis Bipolar Junction Transistor (BJT)

Jadual 1 merujuk kepada analisis litar yang telah dijalankan. BJT berada dalam keadaan *saturation region* disebabkan terminal *B-E* dan *B-C* berada dalam keadaan pincang hadapan dan peningkatan I_B menyebabkan I_C mencecah ke nilai *saturation*. Secara asasnya terminal *C* dalam keadaan litar pintas dengan terminal *E* (*switch closed*). I_B akan meningkat terlebih dahulu berbanding I_C disebabkan I_B merupakan arus masukan dan I_C merupakan arus keluaran walaupun nilai I_B lebih kecil berbanding nilai I_C (Floyd 2008). BJT berada dalam keadaan *Fully OFF (cutoff)* kerana terminal *B-E* tidak lagi berada dalam keadaan pincang hadapan. Terminal *C* dan *E* pula berada dalam keadaan terbuka iaitu tiada sebarang pengaliran arus yang dapat melaluinya. Bacaan yang diperolehi pada Jadual 1 adalah bertepatan dan nilainya adalah 0. Nilai kejatuhan voltan pada BJT akan berlaku dan ianya dinamakan V_{CE} baik dalam keadaan *ON* ataupun *OFF*. Merujuk kepada *Data Sheet Fairchild Semiconductor 2N3904* nilai V_{BE} adalah 0.7V-0.95V untuk keadaan *Fully ON* manakala nilai $V_{BE}=0$ apabila berada dalam keadaan *Fully OFF*. Dapatan daripada Jadual 1 adalah bertepatan dengan *data sheet* tersebut.

Jadual 1: Analisis Litar Suis Bipolar Junction Transistor (BJT)

Parameter	Fully ON (saturation)	Fully OFF (cutoff).
I_B	0.074mA	0A
I_C	12.60mA	0A
V_{BE}	0.72V	0V
V_{CE}	0.13V	3.5V

4.1.2 Litar Suis Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)

Table 14-1 Small-Signal EMOS Sampler						
Device	$V_{GS(th)}$, V	$V_{GS(on)}$, V	$I_{D(on)}$	$R_{DS(on)}$, Ω	$I_{D(max)}$	$P_{D(max)}$
VN2406L	1.5	2.5	100 mA	10	200 mA	350 mW
BS107	1.75	2.6	20 mA	28	250 mA	350 mW
2N7000	2	4.5	75 mA	6	200 mA	350 mW
VN10LM	2.5	5	200 mA	7.5	300 mA	1 W
MPF930	2.5	10	1 A	0.9	2 A	1 W
IRFD120	3	10	600 mA	0.3	1.3 A	1 W

Rajah 2 : Small-Signal EMOS Sampler (Malvino & Bates 2007)

Pemilihan parameter I_D , V_{DS} dan V_{GS} untuk pengukuran merujuk kepada Rajah 2 (Malvino & Bates 2007) untuk MOSFET 2N7000. Nilai-nilai pengukuran pada Jadual 2 berada dalam julat yang sepatutnya apabila dirujuk semula dengan *Data Sheet Fairchild Semiconductor MOSFET 2N7000* dan mengambilkira faktor kuasa bekalan 5V. Bagi membuktikan data pengukuran I_D dan juga V_{DS} adalah tepat, rumus $R_{DS(on)} = V_{DS(on)} / I_{D(on)}$ (Malvino & Bates 2007) digunakan.

$$\begin{aligned}
 R_{DS(on)} &= V_{DS(on)} / I_{D(on)} \\
 &= 0.1 / 17.19\text{m} \\
 &= 5.81\Omega \sim 6\Omega
 \end{aligned}$$

Hasil nilai pada pengiraan diatas terbukti dengan Rajah 2 bagi nilai $R_{DS(on)} = 6\Omega$. Nilai V_{GS} pada Jadual 2 adalah tepat merujuk kepada (Floyd 2008) yang menyatakan nilai V_{GS} adalah besar berbanding nilai V_{TH} apabila berada dalam keadaan *Fully ON (saturation)* manakala nilai V_{GS} adalah kecil berbanding nilai V_{TH} apabila berada dalam keadaan *Fully OFF (cutoff)*.

$$\begin{array}{lll}
 \text{Fully ON (saturation)} & V_{GS} > V_{TH} & V_{GS} = 3.17\text{V}, V_{TH} = 2\text{V} \\
 \text{Fully OFF (cutoff)} & V_{GS} < V_{TH} & V_{GS} = 0\text{V}, V_{TH} = 2\text{V}
 \end{array}$$

Jadual 2: Analisis Litar Suis Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)

Parameter	Fully ON (saturation)	Fully OFF (cutoff)
I_D	17.19mA	0A
V_{DS}	0.1V	5V
V_{GS}	3.17V	0V
V_{TH} (Data Sheet Fairchild Semiconductor MOSFET 2N7000)	0.8v(minimum)-3V(maksimum)	

4.1.3 Litar Suis Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Nilai $I_G=0$ apabila SCR dalam keadaan *OFF* (Floyd 2008). Pada keadaan ini nilai kerintangannya tinggi diantara terminal *A* dan juga *K*, menunjukkan keadaan suis terbuka (*SCR OFF*). Ini dibuktikan dengan Jadual 3 bagi $I_A=0$ dalam keadaan *Fully OFF (cutoff)*. Apabila I_G diberikan picuan positif (SW1 ditekan) akan menyebabkan kerintangannya rendah diantara terminal *A* dan *K* merujuk kepada keadaan suis tertutup (*SCR ON*) dan $I_A=11.9\text{mA}$. Nilai bagi V_{AK} yang rendah dicatatkan apabila SCR berada dalam keadaan *Fully ON* (Floyd 2008) manakala nilai V_{AK} yang tinggi malahan menghampiri ke nilai voltan bekalan untuk keadaan *Fully OFF* (SW2 ditekan). Merujuk kepada jadual 3, nilai I_H terbukti melebihi nilai I_A apabila dalam keadaan *Fully OFF* dan I_H lebih rendah nilainya berbanding I_A apabila dalam keadaan *Fully ON* (Floyd 2008). Di dalam buku (Malvino & Bates 2007) juga telah menyatakan dua kaedah asas dalam mematikan SCR iaitu *anode current interruption* dan *forced communication*. Dimana parameter yang dilihat bagi mematikan SCR adalah I_A dan I_H . Jadual dibawah adalah merujuk kepada analisis litar yang telah dijalankan:-

Jadual 3: Analisis Litar Suis *Silicon Controlled Rectifier (SCR)*

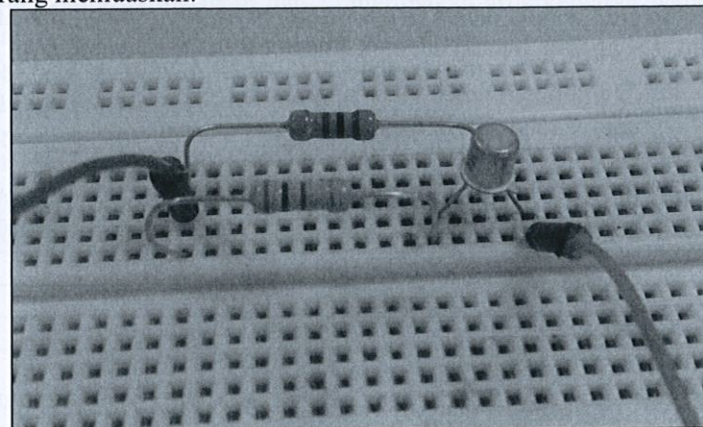
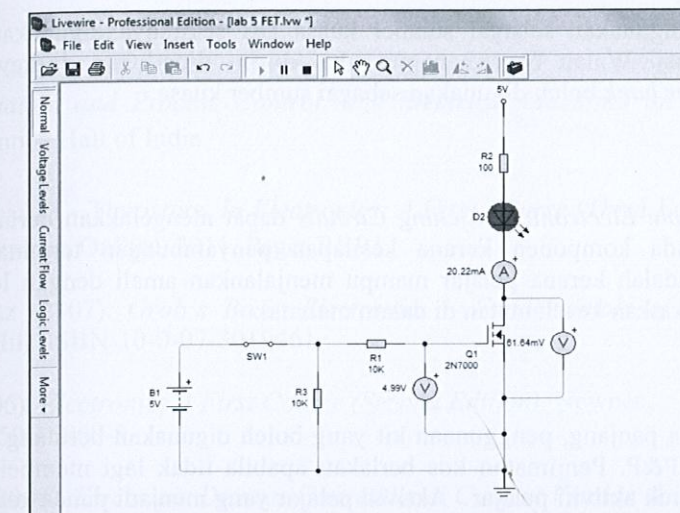
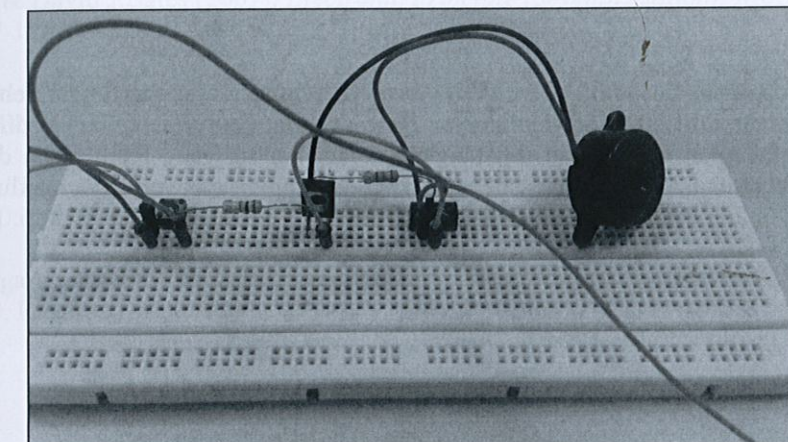
Parameter	Fully ON (saturation)	Fully OFF (cutoff).
I_A	11.9mA	0mA
I_H	11mA	0.01mA
V_{AK}	0.74V	2.85V

Perbincangan dibuat berdasarkan sebelum dan selepas penggunaan *Portable Electronic Switching Circuits*.

4.2 Sebelum Inovasi

Kaedah pengajaran dan pembelajaran sebelum penggunaan *Portable Electronic Switching Circuits* dilakukan adalah melalui penerangan secara teori dan tayangan video sahaja tanpa ada demonstrasi secara langsung. Tahap pemahaman pelajar juga hanya boleh diukur daripada persepsi kefahaman sahaja dan bukan melihat pelajar mengaplikasikan teori yang difahami secara langsung di dalam kelas. Ini adalah kerana penggunaan *loose component* adalah terhad di dalam makmal sahaja dan kerana kekurangan sumber kuasa DC.

Apabila sesi amali di dalam makmal dilakukan, penggunaan *loose component* boleh menyebabkan kegagalan menghasilkan bacaan yang kurang tepat disebabkan oleh kesilapan pengukuran, kelemahan pelajar untuk menentukan kekutuban setiap terminal dan juga kesilapan pemasangan litar. Kesilapan pemasangan litar atau kesilapan terminal komponen boleh menyebabkan berlaku litar pintas yang menyebabkan wujud *spark* dan kerosakan pada komponen. Kelemahan-kelemahan ini menyumbang kepada kesukaran penerapan konsep teoritikai dan hubungkait secara praktikal untuk sesi amali di dalam makmal. Ini menyebabkan tahap pencapaian pelajar terhadap hasil pembelajaran yang ditetapkan adalah kurang memuaskan.

Rajah 3: Litar Amali 3 – *Common Emitter Amplifier Circuit*Rajah 4: Litar Amali 5 – *MOSFET as a Switch*Rajah 5: Litar Amali 6 – *SCR as a Switch*

4.3 Selepas Inovasi

4.3.1 Functionality

Portable Electronic Switching Circuits menyediakan terminal pengukuran bagi setiap parameter yang hendak diukur pada litar. Ini membolehkan pelajar untuk menganalisa setiap nilai ukuran yang dibuat dan membuat hubungkait dengan konsep teoritikai yang telah belajar. Penyediaan terminal ini dapat mengurangkan kesilapan semasa proses pengukuran dibuat. Pelajar masih lagi perlu memahami litar yang diberikan bagi mengelakkan kesilapan pengukuran.

Oleh kerana litar dalam *Portable Electronic Switching Circuits* juga direkabentuk bersebelahan antara satu litar suis dengan litar suis yang lain, secara tidak langsung pelajar mampu untuk membuat perbezaan ciri-ciri litar-litar suis tersebut.

4.3.2 Mobility

Oleh kerana *Portable Electronic Switching Circuits* dibekalkan dengan tiga punca kuasa, ianya efisien digunakan di mana sahaja, baik di dalam makmal, di dalam kelas atau sebagai bahan aktiviti

di lapangan. *Adapter* digunakan sebagai sumber kuasa DC sekiranya digunakan di dalam kelas sebagai alat demonstrasi. Walau bagaimanapun jika kit ini diperlukan di kawasan yang tidak mempunyai soket, *power bank* boleh digunakan sebagai sumber kuasa.

4.3.3 Keselamatan

Penggunaan *Portable Electronic Switching Circuits* dapat mengelakkan berlakunya litar pintas dan berlaku *spark* pada komponen kerana kesilapan penyambungan terminal atau kesilapan pemasangan litar. Ini adalah kerana pelajar mampu menjalankan amali dengan lebih tersusun dan sekaligus dapat meningkatkan keselamatan di dalam makmal.

4.3.4 Penjimatan Kos

Dalam jangka masa panjang, penggunaan kit yang boleh digunakan berulang kali dan ini dapat mengurangkan kos bahan P&P. Penjimatan kos berlaku apabila tidak lagi membeli komponen pada setiap awal semester untuk aktiviti pelajar. Aktiviti pelajar yang menjadi punca kerosakan mekanikal ataupun kesilapan pemasangan litar menyebabkan kerosakan komponen kerana litar pintas.

5.0 Kesimpulan

Portable Electronic Switching Circuit ini berkemampuan untuk berfungsi sebagai alat bantu mengajar bagi kursus DEE2023 *Semiconductor Devices*. Alat bantu mengajar ini direkabentuk bagi meningkatkan kefahaman pelajar dan didatangkan dalam bentuk yang lebih padat dan mudah alih. Ianya mudah dikendalikan oleh pelajar dan pensyarah di samping menyediakan maklumat pengajaran yang tepat serta mampu menarik perhatian dan interaksi pelajar di dalam sesi pengajaran dan pembelajaran.

Rujukan

- Borekci, S., & Acar, N. S. (2012). An Accurate Way of Determining BJT's Switching Loss in Medium and High Voltage. *International Conference on Electronics Design, Systems and Applications (ICEDSA)* (pp. 184-187). Antalya, Turkey: IEEE.
- G. R. Padmini, M. S. (2010). Application Of BJT As A Bidirectional Switch For Low Voltage Circuit Protection. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 22-25.
- Jabatan Pengajian Politeknik.(2014). *Kurikulum Diploma Kejuruteraan Elektrik(DET)*.Kuala Lumpur:Jabatan Pengajian Politeknik
- Dawi, A. H. (2002). *Pentorian Sosiologi Dan Pendidikan*. Tanjong Malim Quantum Books
- Hamdan, A., & Mohd Yasin, H. (2010). *Penggunaan Alat Bantu Mengajar (ABM) Di Kalangan Guru-Guru Teknikal Di Sekolah Menengah Teknik Daerah Johor Bahru, Johor*. Johor Bahru, Johor: Universiti Teknologi Malaysia.
- Boylestad, R. L. (2002). *Electronic Devices and Circuit Theory Eighth Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Rashid, M. H. (2004). *Power Electronics Circuits, Devices, and Applications, Third Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Kissell, T. E. (2006). *Industrial Electronics, Applications for Programmable Controllers, Instrumentation and Process Control, and Electrical Machines an Motor Controls*. New Delhi: Prentice Hall of India

Owen Bishop, Topic 25 - Thyristors, *In Electronics: A First Course (Third Edition)*, edited by Owen Bishop, Newnes, Oxford, 2011, Pages 91-93

Mitchel E. Schultz (2007). *Grob's Basic Electronics – Fundamentals of DC and AC Circuits*. McGraw Hill. ISBN-10-0-07-3019461.

Owen Bishop (2006). *Electronics A First Course (Second Edition)*, Newnes. ISBN: 0-7506-6960-8

Thomas L.Floyd (2008). *Electronic Devices Conventional Current Version (Eighth Edition)*, Prentice Hall. ISBN-10: 0-13-615581-2

Albert Malvino & David J.Bates (2007). *Electronic Principle (Seventh Edition)*, McGraw Hill. ISBN-978-007-126191-3

Robert T. Paynter (2006). *Introductory Electronic Devices and Circuits (Seventh Edition)*, Prentice Hall. ISBN: 0-13-171639-5

Schuler (2003). *Electronics – Principles and Application (Sixth Edition)*, McGraw Hill ISBN-10: 0-07-830977-8

Theodore F. Bogart, Jeffrey S.Beasley, Guillermo Rico (2006). *Electronic Devices and Circuit (Sixth Edition)*, Prentice Hall